

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Проект установки пиролиза пропан-бутановой фракции	
УДК 661.716.1.3.4.092-977.001.6	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д31	Румянцева Ирина Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Л.С	к.х.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С	к.х.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Т.Н.	к.х.н		

Томск 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Волгина Т.Н.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д31	Румянцевой Ирине Николаевне

Тема работы:

Проект установки пиролиза пропан-бутановой фракции

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№10135/с от 26.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Проект установки пиролиза с целью получения этилена и пропилена. Производительность 350000 тонн/год. Режим работы – непрерывный. Вид сырья – пропан-бутановая фракция. Требования к продукту – объемная доля не более 99,9 %.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Общий анализ проекта установки пиролиза пропан-бутановой фракции.</p> <p>2. Расчет материального баланса установки пиролиза.</p> <p>3. Расчет теплового баланса.</p> <p>4. Технологический расчет установки пиролиза.</p> <p>5. Расчет экономической части производства этилена и пропилена.</p> <p>6. Анализ экологической и производственной безопасности на предприятии производства этилена и пропилена</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Чертеж общего вида печи пиролиза.</p> <p>2. Сборочный чертеж.</p> <p>3. Технологическая схема установки пиролиза пропан-бутановой фракции.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>По экономической части</p>	<p>Рыжакина Т.Г.</p>
<p>По социальной ответственности</p>	<p>Король И.С.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Аннотация</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>15.11.2017</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сорока Л.С.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д31	Румянцева Ирина Николаевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года) _____

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05 2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.04.18	Технологические расчеты установки пиролиза пропан-бутановой фракции.	33
01.05.18	Чертеж общего вида печи пиролиза. Сборочный чертеж. Технологическая схема установки пиролиза пропан-бутановой фракции.	33
10.05.18	Общий анализ проекта установки пиролиза пропан-бутановой фракции.	33

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Л.С	к.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Т.Н.	к.х.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д31	Румянцева Ирина Николаевна

Институт	ИШПР	Кафедра	Технология органических веществ и полимерных материалов
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология органических веществ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта	. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления проектом: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение производственной мощности. Расчет сырья, материалов, оборудования, фонда оплаты труда. Расчет инвестиций Расчет себестоимости готового продукта. Расчет точки безубыточности Расчет технико-экономических показателей
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности проекта узла гидрирования этан-этиленовой фракции.

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

Расчет точки безубыточности графическим методами.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д31	Румянцева Ирина Николаевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2ДЗ1	Румянцева Ирина Николаевна

Институт	ИШПР	Кафедра	ХТФ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология органических веществ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Проект установки пиролиза пропан-бутановой фракции

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
-

Необходимо провести анализ по следующим факторам:

- микроклимат
- вибрация и шум
- вредные вещества
- недостаток естественного света

Проведем анализ по факторам:

- опасность получения термических ожогов о нагретые поверхности
- опасность поражения статическим электричеством
- опасность физического взрыва
- токсичность применяемых веществ
- опасность падения с высоты

ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

<p>2 Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы). ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. ГН 2.1.6.1338 – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Возможные ЧС на объекте: - пожар; - взрыв. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Правильное расположение и компоновка рабочего места, удобной позы и свободы трудовых движений. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С.	К.Х.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д31	Румянцева Ирина Николаевна		

Перечень результатов обучения (профессиональных и универсальных компетенций), запланированных к достижению выпускниками данной образовательной программы

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико- технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена пояснительной запиской 94 страниц, 29 таблиц, 11 использованных источников и 2 рисунков.

Объектом исследования является процесс пиролиза пропан-бутановой фракции.

Область применения: получаемые в процессе пиролиза мономеры необходимы для производства полиолефинов.

В проекте проведены материальные, тепловые и конструктивные расчёты основного аппарата. Так же был проведен анализ по разделу финансовый менеджмент предприятия и по разделу социальная ответственность.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	11
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	12
1.1 Физико-химические основы процесса пиролиза	12
1.2 Факторы влияющие на процесс пиролиза	17
1.3. Характеристика исходного сырья, материалов и готовой производимой продукции	20
1.4 Технологическая схема производства	25
1.5 Технологический контроль производства	33
1.6 Аналитический контроль производства	34
2. ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	36
2.1 Материальный баланс	36
2.2 Тепловой баланс печи	40
2.2.1 Определение температуры сырья на входе в печь	40
2.2.3 <i>Определение затрат тепла в радиационной и конвекционной камерах ..</i>	<i>43</i>
2.2.4 <i>Расчету процесса горения топлива</i>	<i>44</i>
2.2.5 <i>Тепловой баланс печи</i>	<i>47</i>
2.2.6 <i>Определение температуры дымовых газов, покидающих радиантную камеру.....</i>	<i>48</i>
2.3 Конструктивный расчет	49
2.3.1 <i>Расчет основного оборудования.....</i>	<i>49</i>
2.3.2 <i>Расчет закалочного аппарата</i>	<i>53</i>
2.3.3. <i>Расчет камеры радиации для проектируемого змеевика</i>	<i>54</i>
3.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ.....	57
4.СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ	81
5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
6.СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	93

Введение

Пропан-бутановая фракция – является газообразной углеводородной смесью, которая состоит из пропана и бутанов с примесями углеводородных и неуглеводородных компонентов, она используется как сырье для выделения из нее индивидуальных углеводородов. Пропан-бутановая фракция является сырьем для производства пропилена и этилена. Производство этилена и пропилена входит в состав цеха пиролиза углеводородов нефти, компримирования, очистки, разделения пирогаза.

Процесс получения этилена и пропилена сложный. На разных стадиях температура процесса колеблется от +85 °С до -16 °С, а давление от 130 кгс/см до атмосферного.

Производство предназначено для получения низших олефинов - этилена. В качестве полупродуктов, используемых для дальнейшей переработки, получают бутилен - дивинильную фракцию, фракцию C₅, пироконденсат и смолу пиролиза.

Технологическая цепочка состоит из самого разнообразного оборудования - здесь и печи, и колонны, и компрессоры с турбоприводом, и реакторы.

1. Теоретическая часть

1.1 Физико-химические основы процесса пиролиза

Термическое разложение углеводородов – это сложный процесс, представленный, как ряд протекающих последовательно и параллельно химических реакций, которые образуют большое число продуктов. Энергетические характеристики реакций, выраженные термодинамическими соотношениями, определяют направления и максимальную равновесную степень превращения по ним исходных веществ. Равновесную степень превращения по химической реакции вычисляют из уравнения зависимости константы равновесия K_p от изменения стандартной энергии Гиббса (свободной энергии, G°):

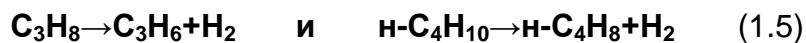
$$\ln K_p = - \frac{dG}{R \times T}.$$

Степень превращения исходных веществ по реакции - это однозначная функция константы равновесия K_p . Аналитическое выражение которой определяется стехиометрией реакции.

При термическом разложении углеводородов получают различные продукты и в том числе низшие олефины, метан, и другие алканы меньшей молекулярной массы, чем исходный. Так при пиролизе пропана наряду с дегидрированием до пропилена происходит расщепление до этилена и метана [1].

А при описании пиролиза этана молекулярными реакциями основной является реакция дегидрирования с образованием этилена.

Аналогично реакциям дегидрирования и расщепления по двум направлениям можно представить разложение н-бутана. Алканы C_2 - C_4 разлагаются согласно молекулярным реакциям [1]:



Согласно расчетам [1], равновесное дегидрирование алканов C_3 - C_4 проходит до конца при температуре 800-850 °С, а дегидрирование этана – только при 900-950°С. Реакции расщепления алканов могут завершаться при более низкой температуре, порядка 250-450°С (Рисунок 1.1). Причем, чем больше атомов С в молекуле исходного углеводорода, тем более низкой температуре соответствует его полное равновесное расщепление [1].

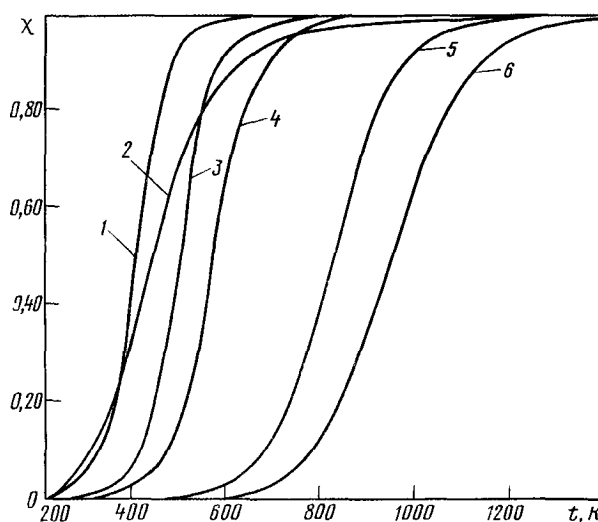


Рисунок 1.1 - Температурная зависимость равновесной степени превращения алканов C_3 - C_4 по реакциям дегидрирования и расщепления (Номера кривых 1, 2, 3, 4, 5, 6 соответствуют номерам реакций в тексте 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6)

Одна из реакций пиролиза алканов является разложение их на углерод и водород. С повышением температуры равновесная степень разложения алканов и олефинов по этой реакции возрастет, а ацетилена упадет. Поэтому при температуре 1400°С ацетилен становится термодинамически более стойким,

чем этилен. С увеличением числа атомов углерода в молекуле, стабильность углеводородов к разложению по этому направлению уменьшается. Практически в условиях пиролиза, т.е. при малом времени пребывания сырья в зоне реакции, распад алканов и олефинов на углерод и водород, несмотря на его большую равновесную вероятность, осуществляется из-за кинетических ограничений в небольшой степени [1].

Наиболее важный параметр процесса – температура – она определяет степень превращения исходных веществ по реакциям, которые протекают при пиролизе, так и распределение продуктов пиролиза. С увеличением температуры в результате первичной реакции повышаются выходы низших олефинов, метана и водорода и снижается выход алканов.

В условиях обычного пиролиза, когда глубина разложения исходных веществ достаточно велика, с определенной глубиной протекают и вторичные реакции, например разложение олефинов и диолефинов, образующиеся на первой стадии, реакции типа присоединения и т.д. Хотя скорость вторичных превращений в меньшей степени зависит от температуры, чем первичные, однако такая зависимость существует и характеризуется величинами энергии активации соответствующих реакций. Поэтому выходы продуктов реакций пиролиза углеводородов при различных температурах определяются не только зависимостью глубины превращения исходного вещества от температуры. Характер температурной зависимости выходов продуктов обычно более сложен и, как правило, устанавливается для различных видов сырья экспериментально.

Другим важным параметром пиролиза является время пребывания пиролизующих веществ в зоне реакции, называемое иногда временем контакта. Под временем пребывания понимают промежуток времени, в течение которого поток реагирующего вещества находится в реакционном змеевике при таких температурах, когда реакция пиролиза протекает с значительной скоростью. Условной температурой начала реакции в случае углеводородов C_5-C_{10} (прямогонный бензин) можно считать $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

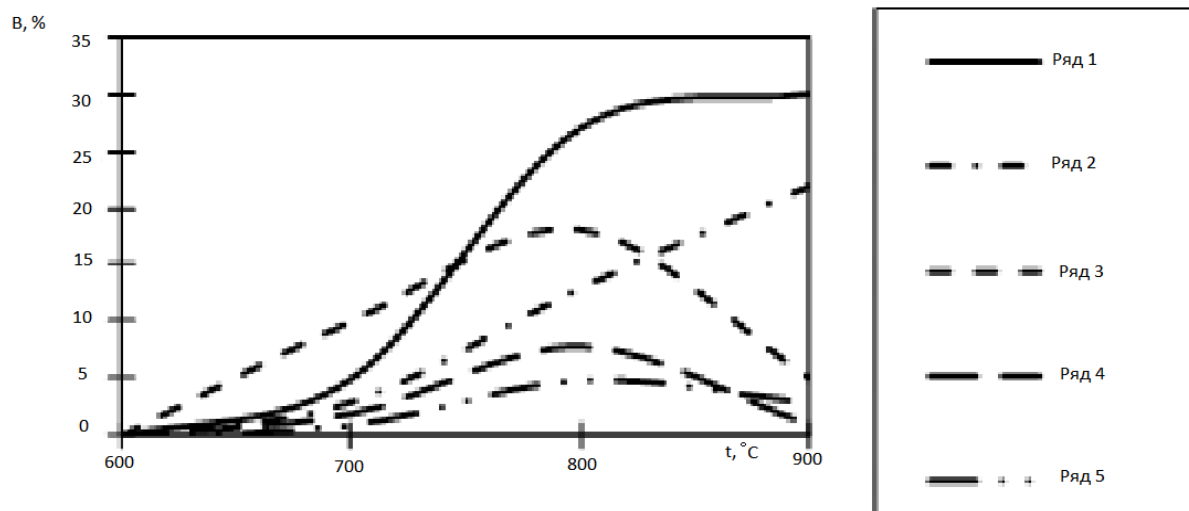


Рисунок 1.2 - Зависимость выходов В продуктов пиролиза прямогонного бензина в зотермическом реакторе от температуры t:

1 – C₂H₄; 2 – CH₄; 3 – C₃H₆; 4 – C₄H₈; 5 – C₄H₆

Скорость первичных реакций, в ходе которых образуются олефины, в большей мере возрастает с увеличением температуры, чем скорость вторичных, и для каждого из промежуточных продуктов – низших олефинов – существует оптимальное, зависящее от температуры, время пребывания реагента, причем с повышением температуры величина оптимального времени пребывания уменьшается.

Таким образом, увеличение температуры пиролиза с одновременным соответствующим сокращением времени пребывания способствует достижению более высоких выходов целевых продуктов, в том числе этилена.

Для углеводородов C₆, при низкой температуре термодинамическая стабильность углеводородов разных классов при одинаковом числе углеводородных атомов в молекуле понижается:

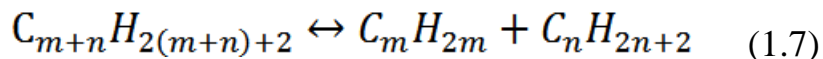
Парафины > Нафтенy > Олефины > Ароматические

Однако с ростом температуры ввиду разной зависимости изобарноизотермического потенциала от температуры порядок изменяется на обратный:

Ароматические > Олефины > Нафтенy > Парафины

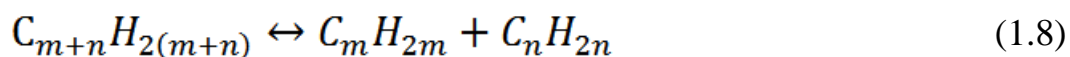
Таким образом, при термическом воздействии на нефтепродукты

следует ожидать изменения группового состава углеводородов. Процесс расщепления парафина может происходить с образованием молекул олефинов и парафина с более короткой цепью углеродных атомов, причем обратный процесс представляет собой алкилирование парафина олефинов:



Примерно до 600 К изменение энергии Гиббса (ΔG°) больше нуля, следовательно, расщепление парафинов термодинамически невозможно, а может происходить лишь алкилирование. При более высокой температуре положение меняется на обратное, причем при 800 К и выше расщепление является уже практически необратимым процессом [3].

Для олефинов склонность к расщеплению проявляется при более высокой температуре, чем для парафинов. В системе обратимых реакций пиролиза олефина и его димеризации (полимеризации)



перемена знака в изменении dG° для низших олефинов происходит только при 750-800 К. Это указывает на термодинамическую возможность их полимеризации при термическом и каталитическом пиролизе, но с преобладанием расщепления при более высоких температурах.

Известные законы термодинамики позволяют оценить роль давления при термическом расщеплении нефтепродуктов. Повышение давления способствует смещению равновесия в сторону полимеризации олефинов и алкилирования парафинов, поскольку данные реакции протекают с уменьшением объема. В связи с этим высокое давление препятствует глубокому расщеплению сырья и снижает образование углеводородов и особенно олефинов. Очевидно, понижение давления и повышения температуры должны действовать в обратном направлении.

Процесс пиролиза осуществляется в 4-х четырехпоточных печах с реакционным змеевиком из стали Х23Н18 с вертикальными трубами в камере радиации и горизонтальными в камере конвекции. Тепловая мощность печи

14,4 мГкал/час. Печь способна перерабатывать до 15 т/час углеводородного сырья.

Вертикальная трубчатая система имеет следующие преимущества:

- возможны простые конструктивные решения при создании практически любого числа сырьевых потоков;
- узлы трубных опор размещены вдали от горелок, в зонах низких температур и для их изготовления возможно применение недорогих материалов;
- вертикально подвешенные змеевики свободно расширяются и сжимаются с изменением температуры в печи, поэтому в отличие от печей с горизонтальным расположением реакционных труб здесь не наблюдается прогиб труб между опорами;
- печью аккумулируется сравнительно небольшое количество тепла, что позволяет легко производить зонное регулирование и устанавливать оптимальный технологический режим при максимальном выходе целевых продуктов
- вследствие пониженных температур футеровки и тепловой изоляции уменьшаются тепловые потери, они составляют не более 2 % от общего количества тепла, полученного от сжигания топлива

Такие печи отличаются высокими теплотехническими характеристиками, надежным и экономичным материальным оформлением, компактной конструкцией, высокой эффективностью работы [9].

1.2 Факторы влияющие на процесс пиролиза

На процесс пиролиза влияют следующие основные факторы:

- а. время контакта
- б. температура
- в. давление.
- г. материал, из которого выполнен змеевик печи

д. разбавление водяным паром

а) Время контакта существенно влияет на выход кокса. С увеличением времени контакта за счет уменьшения скорости подачи сырья в пиролизный змеевик резко увеличивается коксообразование, что ведет к ухудшению условий передачи тепла к сырью.

б) Температура является основным из факторов, определяющих характер процесса пиролиза. При повышении температуры резко повышается скорость реакций пиролиза, а иногда и меняется их характер. При температуре 800 °С увеличение температуры на 15 – 25 °С ускоряет пиролиз бутана, пропана и этана в два раза.

С повышением температуры скорость первичных реакций распада растет быстрее, чем скорость вторичных. На этом основан высокотемпературный скоростной пиролиз. В этом процессе вторичные реакции, т.е. реакции полимеризации и конденсации образующихся олефинов значительно отстают от первичных, поэтому олефины сохраняются и выход их по отношению к сырью возрастает, а выход смолы и кокса снижается.

в) Давление. Снижение давления способствует образованию газообразных продуктов и увеличению выхода этилена и пропилена, т.к. пиролиз углеводородов сопровождается увеличением объема реакционной смеси. Увеличение давления способствует реакциям полимеризации и конденсации, что приводит к увеличению выхода смол, кокса и снижению выхода олефинов.

г) Материал, из которого выполнен змеевик печи, также играет существенную роль для процесса пиролиза. Каталитическое действие на образование кокса оказывает железо (Fe), никель (Ni), и кобальт (Co). Количество хрома (Cr) в стали уменьшает каталитическое действие никеля.

Обработка внутренней поверхности труб радиации меркаптанами уменьшает скорость коксообразования в 30 - 40 раз при 100 ppm серы; при меньшем содержании серы необходимо обеспечить ее дополнительное введение.

д) Разбавление водяным паром при пиролизе снижает парциальное давление углеводородов, что ведет к углублению процесса распада углеводородов. Кроме того, образующийся кокс вступает в реакцию с водяным паром, что снижает коксообразование.

Также водяной пар, разбавляя реагирующие вещества, снижает роль реакции полимеризации и конденсации. Расход пара разбавления определяется экономическими факторами, при повышении расхода пара происходит удорожание процесса, поэтому выбирается оптимальное количество пара на расход сырья.

При пиролизе этана расход пара составляет до 30 % от сырья, при пиролизе бензина – 50 %, при пиролизе бутана - 40-50 %.

1.3. Характеристика исходного сырья, материалов и готовой производимой продукции

Наименование сырья, материалов полупродуктов, энергоресурсов	ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ, ТР или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели	
1	2	3	4	
Характеристика исходного сырья				
1 Фракция нормального бутана	ТУ 0272-026-00151638-99 с изм. № 1, 2		Марка Высшая	Марка А
		1 Массовая доля компонентов, %:		
		- пропан	не более 0,3	не более 0,5
		- изобутан	не более 0,9	не более 1,5
		- сумма бутиленов	не менее 0,5	не менее 1,0
		- нормальный бутан	не менее 98,6	не менее 97,5
		- сумма изо- и нормального пентана и выше	не более 0,4	не более 0,6
		2 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %	не более 0,005	
		3 Содержание свободной воды и щелочи	отсутствие	
2 Бутан нормальный	ТУ 38.301-19-57-97 с изм. № 1, 2		Марка Высшая	Марка А
		1 Массовая доля компонентов, %:		
		- пропан	не более 0,3	не более 0,5
		- изобутан	не более 0,9	не более 1,5
		- сумма бутиленов и неопентана (2,2-диметилпропан)	не более 1,4	не более 2,5
		- нормальный бутан	не менее 98,6	не менее 97,5
		- сумма углеводородов C ₅ и выше	не более 0,4	не более 0,6
		2 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы	не более 0,005	не более 0,005
		3 Содержание свободной воды и	отсутствие	

Наименование сырья, материалов полупродуктов, энергоресурсов	ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ, ТР или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели				
1	2	3	4				
		щелочи					
3 Фракция бутановая	ТУ 0272-082-00151638-2010		Марка А		Марка Б		
		1 Массовая доля компонентов, %: - сумма метана, этана и этилена - сумма пропана и пропилена - сумма бутанов и бутадиенов	не более 1,5 не более 3,5 не менее 95,0		не нормируется не нормируется не менее 92,0		
		2 Объемная доля жидкого остатка при температуре 20 °С	не более 1,8		не более 1,8		
		3 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, % - в том числе сероводорода	не более 0,013 не более 0,003		не более 0,013 не более 0,003		
		4 Содержание свободной воды и щелочи	отсутствие				
4 Газы углеводородные сжиженные топливные	ГОСТ Р 52087-2003		Марка				
			ПТ	ПА	ПБА	ПБТ	БТ
		1 Массовая доля компонентов, %: - сумма метана, этана и этилена	не нормируется				
		- сумма пропана и пропилена	75	-	-	не нормируется	
		в том числе пропана	-	85±10	50±10	-	-
		- сумма бутанов и бутиленов	не нормируется			-	-
		- сумма непредельных углеводородов	-	6	6	-	-
		2 Объемная доля жидкого остатка при 20 °С,	0,7	0,7	1,6	1,6	1,8

Наименование сырья, материалов полупродуктов, энергоресурсов	ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ, ТР или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели				
1	2	3	4				
		3 Массовая доля сероводорода и меркаптановой серы, %	0,013	0,01	0,01	0,013	0,013
		в том числе сероводорода	0,003				
		4 Содержание свободной воды и щелочи	отсутствие				
5 Фракция пропановая	ТУ 0272-023-00151638-99 с изм. № 1		Марка А			Марка Б	
		1 Массовая доля компонентов: - сумма углеводородов C ₁ и C ₂	не более 2,0			не более 4,0	
		- сумма углеводородов C ₃	не менее 96,0			не менее 90,0	
		в том числе пропилена	не более 2,0			не более 10,0	
		- сумма углеводородов C ₄ и выше	не более 3,0			не более 10,0	
		- сумма углеводородов C ₅ и выше	отсутствие			не более 1,0	
		2 Массовая доля сероводорода	не более 0,003			не более 0,003	
		3 Содержание свободной воды и щелочи	отсутствие			отсутствие	

Характеристика материалов, полупродуктов и энергоресурсов				
1 Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения	ГОСТ 5542-87 (топливный газ)	1 Теплота сгорания низшая, ккал, при 20 °С	не менее 7600	
		2 Масса механических примесей в 1 м ³ , г	не более 0,001	
		3 Объемная доля кислорода, %	не более 1,0	
		4 Объемная доля, %:		
		- водорода	не более 10	
		- метана	не менее 90	
		- этана	не более 4,0	
		- пропана	не более 3,0	
		- С ₄ и выше	не более 1,0	
		- азота	по факту	
		- оксида углерода	по факту	
		- диоксида углерода	по факту	
		5 Плотность по расчету, г/дм ³	0,64–0,73	
		6 Содержание водяных паров (температура точки росы), °С	не более (- 15)	
		7Содержание посторонних примесей, мг/м ³ : - механические примеси - жидкая фаза	не более 1 отсутствие	
6 Тринатрий фосфат технический Na ₃ PO ₄ 12H ₂ O	ГОСТ 201-76 изм.1,2,3,4,5,6	1 Внешний вид	Чешуйки или кристаллы, способные слеживаться	
		2 Массовая доля общего Р ₂ О ₅ , %	не менее 18,5	
		3 рН 1 %-ного раствора	11,5-12,5	
		4 Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %	не более 0,03	
8 Азот особой чистоты	ГОСТ 9293-74 сорт 1	1 Объемная доля азота, % 2 Объемная доля кислорода, %	1-ый сорт	2-ой сорт
			не менее 99,999 не более 0,0005	не менее 99,996 не более 0,001

		3 Объемная доля водяного пара в газообразном азоте, % 4 Содержание масла в газообразном азоте 5 Содержание масла, механических примесей и влаги в жидком азоте 6 Объемная доля водорода, % 7 Объемная доля суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на CH_4 , %	не более 0,0007 не определяется выдерживает испытание 0,0002 не более 0,0003	не более 0,0007 не определяется выдерживает испытание 0,001 не более 0,001
9 Воздух технологический	СТП 1-23.6-99	1 Точка росы, °C	не выше (-60)	
10 Сжатый воздух (воздух КИП)	СТП 1-23.6-99	1 Точка росы, °C	не выше (-60)	

1.4 Технологическая схема производства

Печь пиролиза пропан-бутановой фракции (ПБФ), включает в себя камеру конвекции, камеру радиации и дымоход.

Камера конвекции ПБФ печи предназначена для испарения сырья, подогрева паросырьевой смеси и питательной воды, а также перегрева пара высокого давления за счет использования тепла дымовых газов и состоит из 6 секций:

1-ая секция - нагрев ПБФ в четырехпоточных змеевиках (трубы диаметром 89х6 мм, поверхность нагрева $F=147.2 \text{ м}^2$);

2-ая секция - верхний нагрев питательной воды в однопоточном змеевике (трубы диаметром 114х12 мм, поверхность нагрева $F=117.9 \text{ м}^2$);

3-ая секция - перегреватель пара высокого давления (трубы диаметром 140х14мм, поверхность нагрева $F=77.2 \text{ м}^2$), состоящий из двухпоточных змеевиков;

4-ая секция - нижний нагрев питательной воды в однопоточном змеевике (трубы диаметром 114х12 мм, поверхность нагрева $F=117.9 \text{ м}^2$);

5-ая секция - верхний нагрев паросырьевой смеси в четырехпоточных змеевиках (трубы диаметром 140х7 мм, поверхность нагрева $F=38.6 \text{ м}^2$);

6-ая секция - нижней нагрев паросырьевой смеси в четырехпоточных змеевиках (трубы диаметром 73х5.5 мм, поверхность нагрева $F=161 \text{ м}^2$).

Змеевики 2-ой и 4-ой секций составляют экономайзер (ЭКО) печи пиролиза ПБФ. Камера радиации предназначена для проведения процесса пиролиза в трубчатых змеевиках и оборудована 150 панельными горелками типа НІТ-230 мощностью 282 KW (по 70 штук с внутренней и 80 штук с внешней сторон печи), позволяющими вести двусторонний нагрев радиантных змеевиков. В камере радиации находится 4 самостоятельные радиантные змеевика с вертикально расположенными в одной плоскости трубами центробежного литья. Смесь сырья с паром входит в каждую радиантную секцию четырьмя потоками

(трубы диаметром 89x7.5 мм), которые объединяются затем в два потока (трубы диаметром 114x7.5 мм), а те, в свою очередь, объединяются в один поток (труба диаметром 159x10.8 мм). Общая поверхность теплообмена камеры радиации составляет $F=176 \text{ м}^2$.

Потоки двух радиантных секций на выходе из печи объединяются (труба диаметром 159x10.8 мм) и входят в один закалочно-испарительный аппарат. Описание технологической схемы приводится для одной печи пиролиза ПБФ F-1. Технологическая схема остальных печей аналогична.

Бензин из цеха 405, предварительно подогретый до температуры (30 – 100)°С поз. TRC-2-2 в теплообменнике Т-2/1-2 тит.402, и пропан-бутановая фракция, предварительно подогретая в теплообменнике Т-2/3 тит.402 до температуры (10 – 40)°С поз. TR-2-10, направляются в распределительные коллектора бензина и пропан-бутановой фракции, соответственно, блока печей пиролиза с давлением (0.9 – 1.2)МПа [(9 – 12) кгс/см²] поз. 1PRA 25.

Предусмотрены:

a. сигнализация понижения давления сырья до 0.6 МПа (6.0 кгс/см²) поз. 1PRA 25;

b. блокировка, при снижении давления бензина или пропан-бутановой фракции до 0.35 МПа (3.5 кгс/см²) поз. 1PZA 47 на печь, с задержкой 1 с при этом::

c. закрытие запорной эл. задвижки поз. 1M3 топливного газа;

d. закрытие запорной эл. задвижки поз. 1M6 бензина;

e. сигнализация понижения давления бензина;

f. сигнализация отключения печи;

g. запоминание первопричины аварии.

ПБФ в печь пиролиза F-1 поступает четырьмя потоками "А", "В", "С" и "D" в I-ю секцию камеры конвекции. Расход сырья на печь может изменяться от 14 т/ч до 20 т/ч, т.е. расход на каждый поток (3500-5000)кг/ч и регулируется клапанами регуляторов расхода поз. 1FRC 03 А, В, С, D. По потокам "А", "В", "D" осуществляется регулировка расхода сырья в зависимости от температуры

пирогаза перед закалочно-испарительными аппаратами (ЗИА) (780 – 850) оС поз.1TRCA 61A, B, D. Поток "С" считается "пилотным" и регулирование температуры по нему осуществляется клапаном регулятора давления топливного газа поз.1PRCA 33 на входе в печь.

Давление сырья после клапана на каждом потоке (0.3 – 0.7) МПа [(3 – 7) кгс/см²] контролируется поз.1PR 501 A, B, C, D. По месту давление сырья после клапана на каждом потоке контролируется манометром поз.1PI 601 A, B, C, D.

Предусмотрена подача пара разбавления из линии пара разбавления печи в линию сырья после электрозадвижки поз.1M6 через перемычку для защиты 1 секции камеры конвекции от перегрева при режиме работы "пар на паре" и выжиге кокса.

После 1-ой секции камеры конвекции, сырье смешивается с водяным паром П8 (пар разбавления), давление которого (0.60 – 1.32) МПа [(6.0 – 13.2) кгс/см²] поз.1PRA 21, подаваемым с узла выработки пара П8 для снижения парциального давления бензина (ПБФ). Пар разбавления подается через распределительный коллектор в каждый поток печи. Расход П8 на поток регулируется клапанами регуляторов расхода (2100 – 3500) кг/ч поз.11FRC 01 A, B, C, D.

Предусмотрены:

a. контроль температуры и давления пара разбавления (П8) на входе установки печей пиролиза поз.TR 59 (160 – 250) оС и поз.PR 52 (0.6 – 1.32) МПа [(6 – 13.2) кгс/см²];

b. сигнализация при понижении давления П8 на печь до 0.55 МПа (5.5кгс/см²) поз.1PRA 21;

c. блокировка, при снижении давления П8 на печь до 0.35 МПа (3.5кгс/см²) поз.1PZA 45, с задержкой 10с при этом:

d. закрытие запорной эл. задвижки поз.1M3 на топливном газе;

e. закрытие запорной эл. задвижки поз.1M6 на бензине;

f. сигнализация понижения давления пара разбавления;

- g. сигнализация отключения печи;
- h. запоминание первопричины аварии.

Далее, паросырьевая смесь с температурой (140 – 300) °С поз.1TI 75 А, В, С, D, поступает в 5 и 6 секции камеры конвекции, где нагревается до температуры (400 – 650) оС поз.11TI 63 А, В, С, D, а затем направляется в камеру радиации печи.

В камере радиации происходит процесс пиролиза в трубчатых змеевиках. Образовавшийся пирогаз с температурой (780 – 850) оС поз.1TIRCA 61 А, В, С, D и давлением на выходе из печи перед ЗИА не более 0.17 МПа (1.7)кгс/см² поз.1PRA 35 А, В поступает из змеевиков радиантной камеры печи пиролиза бензина (ПБФ) F-1 в трубное пространство ЗИА E-1 А, В, работающих параллельно, где охлаждается до температуры (320 – 450) °С поз.TRA 69 А, В за счет испарения питательной воды в межтрубном пространстве ЗИА. Для предотвращения вторичных реакций, которые несут за собой потерю выхода целевого продукта, необходимо быстро охлаждать пирогаз. Предусмотрены:

- a. сигнализация повышения давления пирогаза перед ЗИА до 0.17 МПа (1.7 кгс/см²) поз.1PRA 35 А, В;
- b. сигнализация повышения температуры пирогаза на выходе из змеевиков до 860 оС поз.1TIRCA 61 А, В, С, D;
- c. сигнализация повышения температуры пирогаза после ЗИА до 450 °С поз.TRA 69 А, В.

После ЗИА E-1 А, В пирогаз одним потоком через арматуры с ручным приводом поступает в коллектор пирогаза, затем на охлаждение в смеситель N-01 и далее в колонну K-1.

Предусмотрена врезка для подачи серосодержащих соединений в бензин на ряде Б тит.412.

Предусмотрены пробоотборные точки для отбора проб пирогаза и газов выжига после каждой печи пиролиза - W-12C, W-14C, W-16C, W-18C, W-21C, W-22C.

Охлаждение пирогаза в N-01 осуществляется за счет испарения циркулирующего котельного топлива (ЦКТ), подаваемого через регулирующий клапан расхода поз.FRC 07 на 12 форсунок смесителя N-01 с давлением (0.4-1.2) МПа [(4 – 12) кгс/см²] поз.PR 53 и температурой (135 – 155) оС поз.TR60. Предусмотрен контроль температуры пирогаза после смесителя N-01 поз.TRA74 (160 – 190) °С.

В процессе охлаждения пирогаза в ЗИА, происходит выработка насыщенного водяного пара давлением (10.4 – 12.85) МПа [(106 – 131) кгс/см²] поз.1PR43. Система выработки включает в себя отдельный барабан пара высокого давления V-1, два закально-испарительных аппарата (ЗИА) E-1А, В, экономайзер (ЭКО) и пароперегреватель печи пиролиза F-1.

Питательная вода из экономайзера (ЭКО-А, В) пароперегревателя F-10А, и поступает в коллектор питательной воды печей пиролиза, затем направляется в ЭКО печи F-1, расположенный в конвекционной камере печи (2-ая и 4-ая секции), где подогревается и далее направляется в отдельный барабан V-1.

Уровень воды в отдельном барабане пара высокого давления V-1 (30 – 70) % поддерживается клапаном регулятора уровня поз.1LRCZA81, установленном на трубопроводе подачи питательной воды в ЭКО печи и клапаном слива избытка воды из V-1 в емкость V-01 поз.1LRCZA83.

Уровень воды в барабане V-1 (30 – 70) % контролируется поз. 1LRCZA81 и поз.1LRCZA83, по месту - указателем уровня прямого действия типа стекло "Клингера" (Рис.6.5.1).

Предусмотрены для аппарата V-1:

- a. сигнализация понижения уровня до 30 % поз.1LRCZA 81,
- b. сигнализация повышения уровня до 70 % поз.1LRCZA 81;
- c. сигнализация повышения уровня до 90 % поз.1LRCZA 83;
- d. блокировка, при понижении уровня до 10 % поз.1LRCZA 81, с задержкой 10с при этом:
- e. закрытие запорной эл. задвижки поз.1М3 на топливном газе;
- f. закрытие запорной эл. задвижки поз.1М6 на бензине;

- g. сигнализация понижения уровня;
- h. сигнализация отключения печи;
- i. запоминание первопричины аварии.
- j. блокировка, при понижении уровня до 10 % поз.1LRCZA83, с задержкой 10 с при этом:

- k. закрытие запорной эл. задвижки поз.1M3 на топливном газе;
- l. закрытие запорной эл. задвижки поз.1M6 на бензине;
- m. сигнализация понижения уровня;
- n. сигнализация отключения печи;
- o. запоминание первопричины аварии.

Из V-1 вода самотеком поступает в ЗИА Е-1 А, В, где частично испаряется за счет тепла охлаждаемого пирогаза. Образовавшаяся пароводяная смесь возвращается в барабан на сепарацию.

Давление насыщенного пара в отделительном барабане V-1 (10.4-12.85) МПа [(106-131) кгс/см²] контролируется прибором поз.1PR 23. По месту давление в барабане контролируется манометром поз.1PI 611. При консервации системы выработки пара высокого давления, для контроля избыточного давления азота в системе (0.2-0.5) кгс/см² необходимо установить на поз.1PI 611 манометр с диапазоном (0-0.6) МПа [(0-6) кгс/см²].

Образовавшийся насыщенный пар высокого давления П128 из V-1 подается в перегреватель пара высокого давления печи F-1, расположенный в камере конвекции печи (3-я секции). Там он перегревается до температуры (325 – 345) °С поз.11TRA 73 и, с давлением (10.4 – 12.85) МПа [(106 – 131) кгс/см²] поз.11PR 43, через электрозадвижку поз.1M1 поступает в коллектор насыщенного пара высокого давления П128 и далее направляется в пароперегреватель F-10А, В, либо через электрозадвижки поз. M221, M222 на РУ 140/12.

Предусмотрены предохранительные клапаны на РУ 140/12 со стороны П12.

Предусмотрены:

а. сигнализация повышения температуры П128 до 400 оС и понижения температуры П128 до 325 оС поз.1TRA 73.

б. контроль на входе и выходе РУ 140/12 температуры и давления П128 и П12 поз. TR-12-273, TR-12-272 и поз. PRCA-12-278, PRCA-12-277, соответственно.

Для обеспечения требуемого водохимического режима котловой воды и качества вырабатываемого пара, барабан оснащен линией непрерывной продувки через дроссельную шайбу в емкость E-107 и линией периодической продувки в дренажную емкость V-01. Для удаления шлама с нижней трубной доски ЗИА E-1 А, В предусмотрены линии периодической продувки в емкость V-01.

На закально-испарительных аппаратах выполненных с использованием системы двойных труб, трубные доски отсутствуют. Для удаления шлама предусмотрена периодическая продувка коллекторов ЗИА. Продувка проводится только при пуске и остановке котла-утилизатора, т.е. при слабом нагреве и при давлении в котле-утилизаторе равном (3 – 6) кгс/см².

Вода, сброшенная в емкость V-01 по линиям периодической продувки, откачивается насосами P-01А, В в систему оборотной воды. Пар из емкости V-01 направляется в конденсатор-холодильник Т-130, где происходит его охлаждение за счет нагрева оборотной воды. Конденсат пара возвращается в емкость V-01.

Уровень воды в емкости V-01 контролируется прибором поз. LIA-87 (20 – 80) %.

Предусмотрены:

- а. сигнализация понижения уровня в емкости V-01 до 20 % поз. LIA-87;
- б. сигнализация повышения уровня в емкости V-01 до 80 % поз. LIA-87;
- с. отключение насосов P-01А, В при понижении уровня до 20 % поз. LIA-87;
- д. включение насоса P-01А при повышении уровня до 70 % поз. LIA-87;
- е. включение насоса P-01В при повышении уровня до 75 % поз. LIA-87.

Предусмотрены пробоотборные точки для отбора проб от коллектора насыщенного пара П128 - W-09, W-10, и котловой воды от линий непрерывной продувки - (11÷19) QR-95, (21÷22) QR-96.

С коллекторов насыщенного пара высокого давления и перегретого пара высокого давления предусмотрены линии конденсатоотвода в расширитель Е-107 тит.403.

При пуске и остановке печи пиролиза F-1 предусмотрена линия сброса пара П128 после печи на шумоглушитель через отсекающую электрозадвижку поз.1М4 и регулируемую электрозадвижку поз.1М5, что позволяет регулировать давление пара в барабане V-1.

Для прогрева трубопровода пара П128 предусмотрена линия сброса конденсата из V-1 в емкость V-01. Для прогрева коллектора пара П128 и отвода конденсата пара предусмотрены дренажи и конденсатоотводчики.

1.5 Технологический схем контроль пара производства

Наименование стадии процесса, места измерения параметров	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели (указать допустимые отклонения)	Кто контролирует
1	2	3	4	5
4.1 Титул 401				
4.1.1 Общие замеры				
1 Емкость V-05	TIR 05 Температура диметилдисульфида	Ежечасно с записью в режимном листе	(10-40) °C ± 5 °C	аппаратчик пиролиза
2 Трубопровод питательной воды на входе к пароперегревател ю F-10A,B	TIR 71 Температура питательной воды	Ежечасно визуально	(125-165) °C ± 4,2 °C	аппаратчик пиролиза
3 Дымовая труба	TIR 78, 79 Температура дымовых газов	Ежечасно визуально	(0-300) °C ± 50 °C	аппаратчик пиролиза
4 Трубопровод воздуха КИП на входе на установку	PIRA 51 Давление воздуха КИП	Ежечасно визуально Сигнализация понижения давления	(0,47-0,9) МПа ± 0,072 МПа 0,4 МПа	аппаратчик пиролиза
5 Трубопровод топливного газа на входе на установку	PIR 54 Давление топливного газа	Ежечасно визуально	(0,25-0,4) МПа ± 0,025 МПа	аппаратчик пиролиза
6 Емкость V-01	LIRSA 87 Уровень воды	Ежечасно с записью в режимном листе Сигнализация минимального уровня в емкости	(20-80) % ± 10 % 20 %	аппаратчик пиролиза

Примечание: 1. Значение установок систем сигнализации и защит определены с учетом погрешности срабатывания средств измерений (СИ) и быстродействия технических устройств, реализующих функции сигнализации и защиты. 2. В разделе значение объемного расхода указано для нормальных условий (Н.У.*): давление 101,325 кПа, температура 20 °C. 3. В графе 2 параметры, влияющие на безопасность процесса выделены буквой (Б).

1.6 Аналитический контроль производства

Аппаратчик контролирует ведение технологического процесса по данным лабораторных анализов проб согласно Графику аналитического контроля (ГАК). Аппаратчик должен быть ознакомлен с ГАК и всеми изменениями к нему под роспись, должен знать место его размещения на ЦПУ.

Автоматизация процесса

1.6.1 Перечень параметров схем ППС и Б.

Непосредственно на рабочем месте аппаратчика находится «Перечень параметров схем ППС и Б» со всеми изменениями и дополнениями.

Аппаратчик должен быть ознакомлен с «Перечнем параметров схем ППС и Б» и всеми изменениями (дополнениями) к нему под роспись, должен знать место его размещения на ЦПУ.

1.6.2 Перечень предохранительных устройств

Таблица 1.6.2- Перечень предохранительных устройств

Наименование оборудования, стадий технологического процесса	Категория взрыво-опасности технологического блока	Наименование защищаемого участка оборудования	Контролируемый параметр, значение	Предусмотренная защита
1	2	3	4	5
1 Пиролиз углеводородного сырья с одновременным получением пирогаза и насыщенного пара высокого давления (Схема 1)	II	1 Отделительные барабаны печей пиролиза бензина V-11--V-19	Не более 130 кгс/см ²	Предохранительный клапан SIZ 1508 (8 шт.) Ду=40 мм, Ру=250 кгс/см ² , Роткр.=141 кгс/см ² Сброс пара в атмосферу
	II	2 Отделительные барабаны печей пиролиза этана V-21, V-22	Не более 130 кгс/см ²	Предохранительный клапан SIZ 1508 (2 шт.) Ду=40 мм, Ру=250 кгс/см ² , Роткр.=141 кгс/см ² Сброс пара в атмосферу

Наименование оборудования, стадий технологического процесса	Категория взрывоопасности технологического блока	Наименование защищаемого участка оборудования	Контролируемый параметр, значение	Предусмотренная защита
1	2	3	4	5
	II	3 Отделительные барабаны печей пиролиза этана V-21, V-22	Не более 130 кгс/см ²	Предохранительный клапан SIZ 1508 (2 шт.) Ду=40 мм, Ру=250 кгс/см ² , Роткр.=136 кгс/см ² Сброс пара в атмосферу
	II	4 Трубопровод пара П128 на выходе из ЭКО печей пиролиза F11--F19	Не более 130 кгс/см ²	Предохранительный клапан SIZ 1508 (8 шт.) Ду=40 мм, Ру=250 кгс/см ² , Роткр.=136 кгс/см ² Сброс пара в атмосферу
	II	5 Холодильники отбора проб	Не более - 5 кгс/см ²	Предохранительный клапан PI0287 (20 шт.) спец. пружина Ду=15 мм, Ру=16 кгс/см ² , Роткр.=5,5 кгс/см ² Сброс в атмосферу

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Проект установки пиролиза пропан-бутановой фракции

Пиролиз – термическое разложение органических соединений без доступа воздуха. Данный процесс происходит при температуре 810 – 850 °С и низком давлении с получением пиролизного газа, при которых осуществляется расщепление нефтепродуктов на отдельные фракции.

Основным назначением процесса пиролиза нефти и нефтепродуктов – является получение, в первую очередь этилена и пропилена.

Сырьем для пиролиза с целью получения этилена являются этан, пропан и бутан, содержащиеся в попутных газах нефтедобычи и в нефтезаводских газах, газовые бензины и низкооктановые бензины прямой перегонки нефти. Следовательно, данный процесс позволяет обеспечить химическую промышленность различным углеводородным сырьем.

3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Проект установки пиролиза пропан-бутановой фракции

Целевой рынок: Предприятия нефтеперерабатывающей отрасли промышленности

3.1.1. SWOT – анализ

Один из самых распространенных методов по планированию экономической деятельности производства.

SWOT – анализ это комплекс мероприятий, связанный с деятельностью производства, на основании которых строится бизнес предприятия. Данный анализ позволяет выявить, оценить и контролировать возможности появления потенциальных угроз или их последствия.

Распространенность SWOT – анализа связана с простотой, доступностью и универсальностью.

SWOT:

Strengths (сильные стороны);

Weaknesses (слабые стороны);

Opportunities (возможности);

Threats (угрозы).

Поэтому SWOT – анализ характеризуется определением сильных и слабых сторон производства, возможностей и угроз внешней окружающей среды.

Таблица 12 – SWOT – анализ

<p>Внешняя среда</p> <p>Внутренняя среда</p>	<p>Возможности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие конкурентов на рынке сбыта 2. Растущий рынок 3. Поддержка со стороны государственных органов власти 4. Наличие стабильного рынка сбыта 5. Хорошая репутация среди потребителей 6. Снижение процентных ставок 	<p>Угрозы</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изменение цен на сырье и материалы 2. Изменение законодательства 3. Природные катастрофы 4. Смена политики местных органов власти 5. Переманивание специалистов другими предприятиями 6. Дефицит специалистов 7. Отсутствие нормативов по стандартизации новых технологий 8. Высокая степень контроля бизнеса со стороны государства 9. Развитие альтернативных технологий и аналогов оборудования
<p>Сильные стороны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Опыт разработки сложных малых и средних месторождений природного газа 2. Высокий профессионализм сотрудников 3. Четкая организационная структура 4. Высокотехнологичное оборудование 5. Известность производства 6. Приемлемый уровень цен 7. Система профессионального обучения и повышения квалификации 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение объемов производства 2. Поддержание репутации социально ответственной компании 3. Географическое расширение рынка сбыта 4. Улучшение корпоративной культуры 5. Установление конкурентоспособных цен и быстрая обработка заказов 6. Освоение новых рынков 7. Стремление к увеличению объема совместные с иностранными партнерами проектов по предприятию 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Специальные программы по обучению сотрудников и повышению квалификации 2. Покупка новых месторождений 3. Поддержка местной власти по финансированию социальных проектов 4. Модернизация оборудования 5. Закупка сырья по выгодным на более длительный период

8. Развитие отрасли		
Слабые стороны 1. Высокие издержки предприятия 2. Нет средств на освоение и развитие новых месторождений 3. Нечеткое распределение обязанностей сотрудников 4. Непостоянство денежного потока из-за огромного периода оборота	1. Установление четкой системы обязанностей внутри компании 2. Установление и поддержание тесного взаимодействия между высшим уровнем управления и сотрудниками 3. Проведение опросов у сотрудников компании 4. Продажа или сдача в аренду лишних территорий и помещений	1. Привлечение молодых специалистов 2. Проведение реорганизации в компании 3. Привлечение инвестиций 4. Излучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций 5. Стратегия долгосрочного привлечения финансового капитала

3.1.2. Анализ эффективности действующего производства

Объект исследования ООО «Томскнефтехим» – производство мономеров. Целью исследования является расчет затрат, осуществляемых на этом производстве. Предмет исследования – экономические показатели, характеризующие эффективность предприятия за 2017 год.

3.2. Расчет производственной мощности

Производственная мощность химического предприятия – это максимальный годовой выпуск готовой продукции, предусмотренной на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования.

Производственная мощность определяется по формуле:

$$M = \Pi_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot K_{\text{об}}$$

где $\Pi_{\text{час}}$ – часовая производительность оборудования в натуральных единицах кг/ч; $T_{\text{эфф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, ч; $K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном}} \cdot T_{\text{ППР}} \cdot T_{\text{ТО}}$$

где $T_{\text{ном}}$ – номинальный фонд работы оборудования, ч; $T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период, ч; $T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок, ч.

Производство работает непрерывно в течение всего календарного года без выходных и праздников, поэтому на предприятии планируется остановка на ремонт оборудования в течение одного месяца.

$$T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}$$

$$T_{\text{ном}} = (365 - 0 - 0) \cdot 24 = 8760 \text{ ч}$$

где $T_{\text{кал}}$ — количество календарных дней; $T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

$$T_{\text{эфф}} = 8760 - 744 - 0 = 8016 \text{ ч}$$

Производственная мощность непрерывного производства 300000 т/год.

Находим техническую норму производительности:

$$П_{\text{час}} = \frac{M}{K_{\text{об}} \cdot T_{\text{эфф}}} = \frac{300000}{1 \cdot 8016} = 37425 \text{ кг/ч}$$

Таблица 13 – Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режимные потери рабочего времени	
–выходные	0
–праздничные	0
Номинальный фонд рабочего времени	365 (8760)
Простой оборудования в ремонтах	31 (744)
Эффективное время работы оборудования за год	334 (8016)

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{экс}} = \frac{T_{\text{эфф}}}{T_{\text{ном}}}$$

$$K_{\text{экс}} = \frac{8016}{8760} = 0,92$$

где $T_{\text{эфф}}$ — Эффективное время работы оборудования за год, ч;

$T_{\text{ном}}$ — номинальный фонд рабочего времени, ч.

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}} = \frac{Q_{\text{пп}}}{Q_{\text{max}}}$$

$$K_{\text{инт}} = \frac{36302}{37425} = 0,97$$

где $Q_{\text{пп}}$ — производительность единицы оборудования в единицу времени;

Q_{max} — максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им}} = K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}}$$

$$K_{\text{им}} = 0,92 \cdot 0,97 = 0,89$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{\text{год}}$).

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \cdot M$$

$$N_{\text{год}} = 0,89 \cdot 300000 = 267000 \text{ т/год}$$

где $K_{\text{им}}$ — коэффициент использования мощности.

Вывод: исходя, из результатов расчета мощность предприятия составляет 89 %.

3.3. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

3.3.1. Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Расчет численности персонала

- основных рабочих;
- вспомогательных рабочих;
- ИТР;
- МОП.

Таблица 14 – Расчет численности персонала основных и вспомогательных рабочих

Категория персонала	Тарифный разряд	Число смен в сутки	Штатная численность	Явочная численность		Списочная численность в сутки
				В смену	В сутки	
Основные рабочие						
Отделение пиролиза углеводородов						
Аппаратчик пиролиза	5	2	8	2	4	6
Аппаратчик пиролиза	6	2	8	1	2	3
Всего основных рабочих	-	4	16	-	6	9
Вспомогательные рабочие						

Участок по ремонту и обслуживанию средств КИПиА						
Слесарь КИПиА	5	2	5	1	1	2
Участок по ремонту и обслуживанию электрооборудования						
Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	5	2	4	1	1	2
Участок по ремонту и обслуживанию технологического оборудования						
Слесарь-ремонтник	5	2	4	1	1	2
Цеховая лаборатория по контролю производства						
Лаборант химического анализа	4	2	4	3	3	6
Всего вспомогательных рабочих	-	8	17	-	6	12
Всего рабочих	-	12	33	-	12	21

Таблица 15 – Расчет численности ИТР и МОП

Наименование должности	Категория	Число штатных единиц	Тарифный разряд	Количество смен в сутки	Штатная численность
Руководство					
Директор	ИТР	1	15	1	1
Главный инженер	ИТР	1	14	1	2
Главный механик	ИТР	1	10	1	2
Инженер-технолог	ИТР	2	14	1	2
Начальник ПЭО	ИТР	1	13	1	2
Начальник ПТО	ИТР	1	13	1	2
Всего по руководству		7			11
Установка пиролиза углеводородов					
Начальник установки	ИТР	1	12	1	2
Механик установки	ИТР	1	11	1	2
Начальник смены	ИТР	2	9	1	4
Химик цеховой лаборатории	ИТР	2	10	1	4
Всего по установке пиролиза углеводородов		6			12
Общехимический персонал					
Уборщик производственных помещений	МОП	2	3	1	4
Рабочий, занятый на погрузочно-разгрузочных работах	МОП	2	3	1	2
Заведующий складом	МОП	2	3	1	2
Табельщик	МОП	1	5	1	2

Всего общецехового персонала		7			7
Всего по заводу		20			30

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника

Номинальное количество часов работы одного среднесписочного работника определяется:

$$T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{празд}}$$

$$T_{\text{ном}} = 365 - 124 - 0 = 241 \text{ дн}$$

где $T_{\text{кал}}$ — календарный фонд времени работы одного работника, человек; $T_{\text{вых}}$ — число нерабочих часов в выходные дни, ч; $T_{\text{празд}}$ — число нерабочих часов в праздничные дни, ч.

Эффективное количество часов работы одного среднесписочного работника определяется:

$$T_{\text{эфф.раб}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пл.пот}}$$

$$T_{\text{эфф.раб}} = 365 - 124 - 38 = 203 \text{ дн}$$

где $T_{\text{кал}}$ — календарный фонд времени работы одного работника, человек; $T_{\text{вых}}$ — число нерабочих часов в выходные дни, ч; $T_{\text{пл.пот}}$ — время плановых потерь, ч.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени одного среднесуточного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1	Календарный фонд рабочего времени	365	4380
2	Нерабочие дни		
	- выходные	124	1488
	- праздники	0	0
3	Номинальный фонд рабочего времени	241	2892
4	Планируемые выходные		
	- очередные и дополнительные отпуска	28	336
	- невыходы по болезни	10	120
	- декретные отпуска	0	0
	- отпуск в связи с учебой без отрыва от производства	0	0
	- выполнение государственных обязанностей	0	0
5	Эффективный фонд рабочего времени	203	2436

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности.

Установка пиролиза углеводородов работает непрерывно, поэтому персонал формируется посменно. Согласно производственным данным график работы персонала четырехсменный. График работы представляет собой изображение очередности выхода работающих на работу.

А, В, С, D – условное обозначение бригад.

На производстве работают 4 смены. Каждая смена работает по 12 часов, включая выходные и праздничные дни.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс	пн	вт	ср
А	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1	
В			1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2
С	1	1		2	2			1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2			
Д		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1	1		2	2				1

Таблица 17 – График работы смен за месяц май 2017 года

1 – смена с 8:00 часов до 20:00

2 – смена с 20:00 до 8:00

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию.

Расчет сменоборота и количества выходных дней

Расчет сменоборота:

$$T_{\text{см.об.}} = a \cdot b$$

$$T_{\text{см.об.}} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ дн}$$

где $T_{\text{см.об.}}$ – продолжительность сменоборота, дней; a – количество бригад, шт; b – число дней, в течение которых бригада работает в одну смену, дней.

Расчет количества выходных дней:

$$T_{\text{вых}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{см.об.}} \cdot n}$$

$$T_{\text{вых}} = \frac{365}{8 \cdot 2} = 91 \text{ дн}$$

где $T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней, дней; $T_{\text{кал}}$ — календарный фонд времени работы, дн; $T_{\text{см.об.}}$ — продолжительность сменоборота, дней; n — количество дней за одну смену, дней.

Одна смена работает два дня в день, один день выходной, два дня в ночь, два дня выходных и т.д.

Длительность рабочей смены за сменоборот:

$$T_{\text{раб.см.}} = T_{\text{см.об.}} - n$$

$$T_{\text{раб.см.}} = 8 - 2 = 6 \text{ дн}$$

где n — количество выходных дней за одну смену, дн.

Рассчитываем номинальный фонд рабочего времени:

$$T_{\text{раб}} = \frac{T_{\text{кал}} \cdot T_{\text{раб.см.}}}{T_{\text{см}}}$$

$$T_{\text{раб}} = \frac{365 \cdot 6}{8} = 273 \text{ дн}$$

Рассчитываем количество персонала работающего посменно:

$$\text{Ч}_{\text{яв}} = \text{Ч}_{\text{шт}} \cdot S$$

$$\text{Ч}_{\text{яв}} = 15 \cdot 4 = 60 \text{ человек}$$

где $\text{Ч}_{\text{яв}}$ — численность, явившегося персонала, который работает посменно, человек; $\text{Ч}_{\text{шт}}$ — количество человек, работающих в одну смену, человек; S — количество смен, $S = 4$.

Численность по списку:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot K_{\text{пер}}$$

где $K_{\text{пер}}$ — коэффициент перехода от явочной численности персонала к списочной.

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{эфф.об.}}}{T_{\text{эфф.раб.}}}$$

$$T_{\text{эфф.об.}} = T_{\text{вых}} + T_{\text{эфф.раб.}}$$

$$T_{\text{эфф.раб.}} = 203 \cdot 24 = 4872 \text{ ч}$$

$$T_{\text{вых}} = 124 \cdot 24 = 2976 \text{ ч}$$

$$T_{\text{эфф.об.}} = 2976 + 4872 = 7944 \text{ ч}$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{7944}{4872} = 1,63$$

Таким образом, численность по списку равна:

$$Ч_{\text{сп}} = 60 \cdot 1,63 = 99 \text{ человек}$$

Общий фонд заработной платы рабочих за год

$$З_{\text{год}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

где $З_{\text{осн}}$ – основной фонд заработной платы рабочих, т. руб.; $З_{\text{доп}}$ – дополнительный фонд заработной платы рабочих, т. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{тар}} + Пр + Д_{\text{н.вр}} + Д_{\text{пр.дни}} + Д_{\text{усл.тр.}}$$

где $З_{\text{тар}}$ – тарифный фонд заработной платы, т. руб.; Пр – оплата премий, т. руб.; $Д_{\text{н.вар}}$ – доплата за работу в ночное время, т. руб.; $Д_{\text{пр.дни}}$ – доплата за работу в праздничные дни, т. руб.; $Д_{\text{усл.тр.}}$ – компенсация за тяжелые условия труда, т. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$З_{\text{тар}} = \sum Ч_{\text{сп}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эфф.раб.}}$$

где $Ч_{\text{сп}}$ – численность по списку рабочих данного разряда, человек; $T_{\text{ст}}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий принимаем равным 20-70 % от тарифного фонда заработной платы.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 40 %.

Дополнительная зарплата:

$$З_{\text{доп}} = \frac{Д_{\text{н}} \cdot З_{\text{осн}}}{T_{\text{эфф}}}$$

где $Д_{\text{н}}$ – количество дней невыхода на работу по планируемым причинам (отпуск, учеба, государственные обязанности).

Районный коэффициент для г. Томска – 1,3.

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от $(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$.

Расчет заработной платы основных рабочих

График работы – сменный, продолжительностью 12 часов.

$$Ч_{\text{сп}} = 9 \text{ человек}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{окл}}}{K}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{13900}{166,5} = 83,48 \text{ руб}$$

где $T_{\text{ст}}$ – тарифная ставка, руб.; $T_{\text{окл}}$ – тарифный оклад основного рабочего, руб. $T_{\text{окл}} = 13900$ руб; K – коэффициент рабочего времени, исходные данные производства. $K = 166,5$.

$$З_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эфф.раб}} \cdot Ч_{\text{сп}}$$

Так как основной персонал работает посменно, то $T_{\text{эфф.раб}} = 2436$ часов в год.

$$З_{\text{тар}} = 83,48 \cdot 2436 \cdot 9 = 1830291,89 \text{ т.руб/год}$$

Доплата за ночное время работы по отношению к тарифному фонду составляет 40 %:

Время ночных смен $T_{\text{ночн}} = 2436$ часов в год.

$$Д_{\text{ночн}} = 0,4 \cdot T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{ночн}} \cdot n$$

$$Д_{\text{ночн}} = 0,4 \cdot 83,48 \cdot 2436 = 81342,91 \text{ т.руб/год}$$

Доплата за работу в праздничные дни за 2017 год:

$$T_{\text{празд}} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \text{ января} = 72 \text{ ч.}; 23 \text{ февраля} = 12 \text{ ч.}; 8 \text{ марта} = 12 \text{ ч.}; 1, 2, 9 \text{ мая} = 36 \text{ ч.}; 12 \text{ июня} = 12 \text{ ч.}; 4 \text{ ноября} = 12 \text{ ч.}$$

$$Д_{\text{празд}} = T_{\text{празд}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot 2$$

$$Д_{\text{празд}} = 156 \cdot 83,48 \cdot 2 = 26045,76 \text{ т.руб/год}$$

где $T_{\text{празд}}$ – количество часов отработанное в праздничные дни, ч.

Премияльная заработная плата – размер премии 30 % от тарифного фонда:

$$Д_{\text{прем}} = З_{\text{тар}} + Д_{\text{ночн}} \cdot \frac{\text{Прем}}{100} \%$$

$$Д_{\text{прем}} = 1830291,89 + 81342,91 \cdot \frac{30}{100} = 573490,44 \text{ т.руб/год}$$

Компенсация за тяжелые условия работы:

$$Д_{\text{усл.тр.}} = З_{\text{тар}} \cdot \frac{10}{100}$$

$$Д_{\text{усл.тр.}} = 1830291 \cdot 0,1 = 183029,1 \text{ т.руб/год}$$

Итак, основная заработная плата 9 основных рабочих за 2017 год составит:

$$З_{\text{осн}} = 1830291,89 + 81342,91 + 26045,76 + 573490,44 + 183029,1 = 2694200,1 \text{ т.руб/год}$$

$$З_{\text{год}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ — основная з/п, т. руб; $Z_{\text{доп}}$ — дополнительная з/п, т. руб.

$$Z_{\text{доп}} = \frac{Z_{\text{осн}} \cdot K}{T_{\text{кал}}}$$

$$Z_{\text{доп}} = \frac{2694200,1 \cdot 38}{2436} = 42027,75 \text{ т.руб}$$

где K — число законных невыходов, дней.

Заработная плата 9 основных рабочих за год составляет:

$$Z_{\text{год}} = 2694200 + 42027,75 = 2736227,85 \text{ т.руб/год}$$

Районный коэффициент:

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot Z_{\text{год}}$$

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot 2736227,85 = 3557096,21 \text{ т.руб/год}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$T_{\text{соц.н}} = Z_{\text{год}} \cdot \frac{30}{100}$$

$$2736227,21 \cdot \frac{30}{100} = 820868,16 \text{ т.руб/год}$$

Фонд заработной платы вспомогательных рабочих

График работы – посменный, продолжительностью 12 часов.

$$Ч_{\text{сп}} = 12 \text{ человек}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{окл}}}{K}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{17900}{166,5} = 107,51 \text{ руб}$$

где $T_{\text{ст}}$ — тарифная ставка, руб.; $T_{\text{окл}}$ — тарифный оклад вспомогательного рабочего, руб. $T_{\text{окл}} = 17900$ руб; K — коэффициент рабочего времени, исходные данные производства. $K = 166,5$.

$$Z_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эфф.раб}} \cdot Ч_{\text{сп}}$$

Так как вспомогательный персонал работает посменно, то $T_{\text{эфф.раб}} = 2436$ часов в год.

$$Z_{\text{тар}} = 107,51 \cdot 2436 \cdot 12 = 3142732,32 \text{ т.руб/год}$$

Доплата за ночное время работы по отношению к тарифному фонду составляет 40 %:

Время ночных смен $T_{\text{ночн}} = 2436$ часов в год.

$$D_{\text{ночн}} = 0,4 \cdot T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{ночн}} \cdot n$$

$$D_{\text{ночн}} = 0,4 \cdot 107,51 \cdot 2436 = 104757,74 \text{ т.руб/год}$$

Доплата за работу в праздничные дни за 2017 год:

$$T_{\text{празд}} - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \text{ января} = 72 \text{ ч.}; 23 \text{ февраля} = 12 \text{ ч.}; 8 \text{ марта} \\ = 12 \text{ ч.}; 1, 2, 9 \text{ мая} = 36 \text{ ч.}; 12 \text{ июня} = 12 \text{ ч.}; 4 \text{ ноября} = 12 \text{ ч.}$$

$$D_{\text{празд}} = T_{\text{празд}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot 2$$

$$D_{\text{празд}} = 156 \cdot 107,51 \cdot 2 = 33543,12 \text{ т.руб/год}$$

где $T_{\text{празд}}$ — количество часов отработанное в праздничные дни, ч.

Премияльная заработная плата — размер премии 30 % от тарифного фонда:

$$D_{\text{прем}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{ночн}} \cdot \frac{\text{Прем}}{100} \%$$

$$D_{\text{прем}} = 3142732,32 + 104757,74 \cdot \frac{30}{100} = 974247,02 \text{ т.руб/год}$$

Компенсация за тяжелые условия работы:

$$D_{\text{усл.тр.}} = Z_{\text{тар}} \cdot \frac{10}{100}$$

$$D_{\text{усл.тр.}} = 3142732 \cdot 0,1 = 314273,23 \text{ т.руб/год}$$

Итак, основная заработная плата 12 вспомогательных рабочих за 2017 год составит:

$$Z_{\text{осн}} = 3142732,32 + 104757,74 + 33543,12 + 974227,02 + 314273,23 \\ = 4569533,43 \text{ т.руб/год}$$

$$Z_{\text{год}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ — основная з/п, т. руб; $Z_{\text{доп}}$ — дополнительная з/п, т. руб.

$$Z_{\text{доп}} = \frac{Z_{\text{осн}} \cdot K}{T_{\text{кал}}}$$

$$Z_{\text{доп}} = \frac{4569533,43 \cdot 38}{2436} = 71281,72 \text{ т.руб}$$

где K — число законных невыходов, дней.

Заработная плата 12 вспомогательных рабочих за год составляет:

$$Z_{\text{год}} = 4569533,43 + 71281,72 = 4640815,15 \text{ т.руб/год}$$

Районный коэффициент:

$$D_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot Z_{\text{год}}$$

$$Д_{р.к.} = 1,3 \cdot 4640815,15 = 6033059,7 \text{ т.руб/год}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$T_{соц.н} = З_{год} \cdot \frac{30}{100}$$

$$4640815,15 \cdot \frac{30}{100} = 1392244,55 \text{ т.руб/год}$$

Фонд заработной платы ИТР и МОП

Фонд заработной платы по руководству

График работы – пятидневная рабочая неделя, продолжительностью 8 часов. Перерыв на обед – 1 час. Выходные – суббота, воскресенье и праздничные дни.

$$Ч_{сп} = 11 \text{ человек}$$

$$T_{ст} = \frac{T_{окл.ср}}{K}$$

$$T_{ст} = \frac{30000}{166,5} = 180,18 \text{ руб}$$

где $T_{ст}$ – тарифная ставка, руб.; $T_{окл.ср}$ – средний тарифный оклад руководства, руб. $T_{окл.ср} = 30000$ руб; K – коэффициент рабочего времени, исходные данные производства. $K = 166,5$.

$$З_{тар} = T_{ст} \cdot T_{эфф.раб} \cdot Ч_{сп}$$

Так как руководство работает посменно, то $T_{эфф.раб} = 1613$ часов в год.

$$З_{тар} = 180,18 \cdot 1613 \cdot 11 = 3196933,74 \text{ т.руб/год}$$

Премияльная заработная плата – размер премии 30 % от тарифного фонда:

$$Д_{прем} = З_{тар} \cdot \frac{\text{Прем}}{100} \%$$

$$Д_{прем} = 3196933,74 \cdot \frac{30}{100} = 959080,12 \text{ т.руб/год}$$

Итак, основная заработная плата руководства из 11 человек за 2017 год составит:

$$З_{осн} = 3196933,74 + 959080,12 = 4156013,86 \text{ т.руб/год}$$

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп}$$

где $З_{осн}$ – основная з/п, т. руб; $З_{доп}$ – дополнительная з/п, т. руб.

$$З_{\text{доп}} = \frac{З_{\text{осн}} \cdot K}{T_{\text{кал}}}$$

$$З_{\text{доп}} = \frac{4156013,86 \cdot 38}{1613} = 97909,81 \text{ т.руб}$$

где K — число законных невыходов, дней.

Заработная плата руководства из 11 человек за год составляет:

$$З_{\text{год}} = 4156013,86 + 97909,81 = 4253923,67 \text{ т.руб/год}$$

Районный коэффициент:

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot З_{\text{год}}$$

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot 4253923,67 = 5530100,77 \text{ т.руб/год}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$T_{\text{соц.н}} = З_{\text{год}} \cdot \frac{30}{100}$$

$$4253923,67 \cdot \frac{30}{100} = 1276177,10 \text{ т.руб/год}$$

Фонд заработной платы руководства по отделению установки пиролиза углеводородов

График работы – пятидневная рабочая неделя, продолжительностью 8 часов. Перерыв на обед – 1 час. Выходные – суббота, воскресенье и праздничные дни.

$$Ч_{\text{сп}} = 12 \text{ человек}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{окл.ср}}}{K}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{37000}{166,5} = 222,22 \text{ руб}$$

где $T_{\text{ст}}$ — тарифная ставка, руб.; $T_{\text{окл.ср}}$ — средний тарифный оклад руководства по отделению установки пиролиза углеводородов, руб. $T_{\text{окл.ср}} = 37000$ руб; K — коэффициент рабочего времени, исходные данные производства. $K = 166,5$.

$$З_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эфф.раб}} \cdot Ч_{\text{сп}}$$

Так как руководство работает посменно, то $T_{\text{эфф.раб}} = 1613$ часов в год.

$$З_{\text{тар}} = 222,22 \cdot 1613 \cdot 12 = 4301290,32 \text{ т.руб/год}$$

Премияльная заработная плата – размер премии 30 % от тарифного фонда:

$$Д_{\text{прем}} = З_{\text{тар}} \cdot \frac{\text{Прем}}{100} \%$$

$$Д_{\text{прем}} = 4301290,32 \cdot \frac{30}{100} = 1290387,1 \text{ т.руб/год}$$

Итак, основная заработная плата руководства по отделению установки пиролиза углеводородов из 12 человек за 2017 год составит:

$$З_{\text{осн}} = 4301290,32 + 1290387,1 = 5591677,42 \text{ т.руб/год}$$

$$З_{\text{год}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

где $З_{\text{осн}}$ — основная з/п, т. руб; $З_{\text{доп}}$ — дополнительная з/п, т. руб.

$$З_{\text{доп}} = \frac{З_{\text{осн}} \cdot K}{T_{\text{кал}}}$$

$$З_{\text{доп}} = \frac{5591677,42 \cdot 38}{1613} = 131732,02 \text{ т.руб}$$

где K — число законных невыходов, дней.

Заработная плата руководства по отделению установки пиролиза углеводородов из 12 человек за год составляет:

$$З_{\text{год}} = 5591677,42 + 131732,02 = 5723409,44 \text{ т.руб/год}$$

Районный коэффициент:

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot З_{\text{год}}$$

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot 5723409,44 = 7440432,27 \text{ т.руб/год}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$T_{\text{соц.н}} = З_{\text{год}} \cdot \frac{30}{100}$$

$$5723409,44 \cdot \frac{30}{100} = 1717022,83 \text{ т.руб/год}$$

Фонд заработной платы общецехового персонала

График работы – пятидневная рабочая неделя, продолжительностью 8 часов. Перерыв на обед – 1 час. Выходные – суббота, воскресенье и праздничные дни.

$$Ч_{\text{сп}} = 7 \text{ человек}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{окл.ср}}}{K}$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{7900}{166,5} = 47,45 \text{ руб}$$

где $T_{\text{ст}}$ – тарифная ставка, руб.; $T_{\text{окл.ср}}$ – средний тарифный оклад общецехового персонала, руб. $T_{\text{окл.ср}} = 7900$ руб; K – коэффициент рабочего времени, исходные данные производства. $K = 166,5$.

$$З_{\text{тар}} = T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{эфф.раб}} \cdot Ч_{\text{сп}}$$

Так как руководство работает посменно, то $T_{\text{эфф.раб}} = 1613$ часов в год.

$$З_{\text{тар}} = 47,45 \cdot 1613 \cdot 7 = 535757,95 \text{ т.руб/год}$$

Премияльная заработная плата – размер премии 30 % от тарифного фонда:

$$Д_{\text{прем}} = З_{\text{тар}} \cdot \frac{\text{Прем}}{100} \%$$

$$Д_{\text{прем}} = 535757,95 \cdot \frac{30}{100} = 160727,39 \text{ т.руб/год}$$

Итак, основная заработная плата общецехового персонала из 7 человек за 2017 год составит:

$$З_{\text{осн}} = 535757,95 + 160727,39 = 696487,34 \text{ т.руб/год}$$

$$З_{\text{год}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная з/п, т. руб; $З_{\text{доп}}$ – дополнительная з/п, т. руб.

$$З_{\text{доп}} = \frac{З_{\text{осн}} \cdot K}{T_{\text{кал}}}$$

$$З_{\text{доп}} = \frac{696487,34 \cdot 38}{1613} = 16408,21 \text{ т.руб}$$

где K – число законных невыходов, дней.

Заработная плата общецехового персонала из 7 человек за год составляет:

$$З_{\text{год}} = 696487,34 + 16408,21 = 712895,55 \text{ т.руб/год}$$

Районный коэффициент:

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot З_{\text{год}}$$

$$Д_{\text{р.к.}} = 1,3 \cdot 712895,55 = 926764,22 \text{ т.руб/год}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$T_{\text{соц.н}} = З_{\text{год}} \cdot \frac{30}{100}$$

$$712895,55 \cdot \frac{30}{100} = 213868,67 \text{ т.руб/год}$$

Таблица 18 – Фонд заработной платы основных рабочих, вспомогательных рабочих, ИТР и МОП

Наименование	Ч _{сп}	Годовой фонд заработной платы, т. руб.	Отчисления на социальные нужды т. руб.	Общие затраты на оплату труда, т. руб.
Основные рабочие	9	2736227,85	820868,16	3557096,01
Вспомогательные рабочие	12	4640815,15	1392244,55	6033059,7
ИТР	23	9977333,11	2993199,93	12970533,04
МОП	7	712895,55	213868,67	926764,22
Всего	51	36134543,32	5420181,31	23487450,97

3.4. Расчет затрат на производство продукции

Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 19 – Расчет годовой продукции в сырье и материалах (1т. продукции N = 267000 т/год)

Наименование сырья	Ед. изм.	Цена	Расход, кг		Затраты, т. руб.	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Пропан-бутановая фракция	т	4980	2,73	728910	13595,4	3629971800
Вода оборотная	т	69	4,2	1121400	289,8	77376600
Топливный газ	м ³	720	12,06	3220020	8683,2	2318414400
Ингибитор коксообразования и диметилдисульфид (C ₂ H ₆ S ₂)	кг	186	0,017	4539	3,162	844254
Тринатрийфосфат	кг	124	0,001	267	0,124	33108
Ингибитор коррозии AQUAMAX EC1376A	кг	96	0,021	5607	2,016	576720
Антизагрязнитель AQUAMAX EC3332A (W)	кг	135	0,019	5073	2,565	684855
Антифриз Тосол А-40М	кг	215	0,16	42720	34,4	9184800
Азот	м ³	117	0,31	82770	36,27	9684090
Электрoэнергия	кВт	5,3	28,94	7726980	153,4	40957800
Всего:					22800,337	6087728427

3.5. Расчет амортизационных отчислений

Для расчета амортизационных отчислений необходимо учесть:

- полную стоимость зданий;
- полную стоимость оборудования;
- нормы амортизационных отчислений.

В качестве сырья бензиновая фракция, которая поступает по трубопроводу.

Приведен метод расчета амортизационных отчислений за 2017 год на примере печи пиролиза бензина.

$$A_r = \frac{H_a \cdot \Phi_{\text{восст}}}{100}$$

где A_r – амортизационные отчисления; H_a – норма амортизационных отчислений, %. Для печи $H_a = 10 \%$; $\Phi_{\text{восст}}$ – полная восстановительная стоимость печи, т. руб.

Так же рассчитывается сумма месячных амортизационных отчислений для любых видов основных средств с учетом их амортизации и полной восстановительной стоимости.

Таблица 20 – Стоимость зданий

Здание	Параметры	Количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
ЦПУ	200 м ³	4	300000	1200000
Лаборатория	200 м ³	4	300000	1200000
Административно-бытовой корпус	200 м ³	1	270000	270000
Всего:		9	870000	2670000

Таблица 21 – Стоимость оборудования

Оборудование	Параметры	Количество	Цена, руб	Стоимость, руб
Трубчатая печь	150 м ³	6	970000	5820000
ЗИА	46 м ³	2	450000	900000
Паросборник	49 м ³	1	390000	390000
Отделительный барабан пара	629 л	1	149000	149000

высокого давления				
Теплообменники	24,5 м ³	2	180000	320000
Защитный котел радиантной зоны	34 м ³	1	155000	155000
Пароперегреватель	32 м ³	1	55000	55000
Подогреватель парогазовой смеси	200 м ³	1	63500	63500
Вентилятор воздуха для горелок	518 кВт	1	28700	28700
Вентилятор топочных газов	993 кВт	1	48600	48600
Всего:		17	2489800	7929800

Таблица 22 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, т. руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, т. руб
Здания			
ЦПУ	1200000	2,1	25200
Лаборатория	1200000	2,1	25200
Административно- бытовой корпус	270000	2,1	5670
Оборудование			
Трубчатая печь	5820000	7,6	442320
ЗИА	900000	7,6	68400
Паросборник	390000	7,6	29640
Отделительный барабан пара высокого давления	149000	7,6	11324
Теплообменники	320000	13,0	41600
Защитный котел радианной зоны	155000	7,6	11780

Пароперегреватель	55000	13,9	4180
Подогреватель паровой смеси	63500	13,9	8826,5
Вентилятор воздуха для горелок	28700	13,9	3989,3
Вентилятор топочных газов	48600	13,9	6755,4
Всего:	7929800		628815,2

Таблица 23– Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства $N = 267000$

Статьи затрат	Единица измерения	Затраты на единицу готовой продукции	Затраты на весь объем
1. Сырье			
1.1. Бензиновая фракция	т. руб.	13,595	3629865
2. Электроэнергия на технологические нужды	т. руб.	0,153	40851
3. Топливо на технологические нужды			
3.1. Азот	т. руб.	0,036	9612
3.2. Вода оборотная	т. руб.	0,290	77430
3.3. Тринатрийфосфат	т. руб.	0,001	267
Всего условно-переменных издержек	т. руб.	14,074	3758025

4. Заработная плата производственных рабочих	т. руб.	0,046	12391
4.1. Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)	т. руб.	0,020	3731
5.Общепроизводственные накладные расходы Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования - амортизация оборудования; - ремонт оборудования;	т. руб.	0,006	1679
	т. руб.	0,079	21172
6. Заработная плата ИТР	т. руб.	0,099	26639
6.1. Отчисления на соц. Нужды ИТР (30 %)	т. руб.		
7. Заработная плата основного персонала	т. руб.	0,027	7306
7.1. Отчисления на соц. нужды основного персонала (30 %)	т. руб.	0,008	2192
8. Заработная плата МОП	т. руб.	0,007	1903
8.1. Отчисления на соц. нужды МОП (30 %)	т. руб.		
Всего условно- постоянных издержек		0,584	77013
Производственная себестоимость		14,66	3835038

3.6. Определение цены готовой продукции

Рентабельность продукции можно принять от 10% до 25%.

Цену 1 тонны продукта определяем по формуле:

$$\text{Ц} = \text{C} \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)$$

$$\text{Ц} = 14,66 \cdot \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 16,86 \text{ т.руб}$$

где C – полная себестоимость единицы готовой продукции; P – рентабельность продукции, %. $P = 15 \%$.

$$\text{Ц}_{\text{год}} = \text{Ц} \cdot Q$$

$$\text{Ц}_{\text{год}} = 16,86 \cdot 267000 = 4501533 \text{ т. руб}$$

3.7. Анализ безубыточности по действующему производству

Цель анализа – определение **точки безубыточности**, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ($B_{\text{ПР}}$) равна общим затратам на производство и реализацию продукции [20]:

$$B_{\text{ПР}} = U_{\text{пост}} + U_{\text{пер}}$$

$$B_{\text{ПР}} = 0,584 + 14,074 = 14,66$$

Определение точки безубыточности:

1. Аналитическим способом:

$$Q_{\text{кр}} = \frac{U_{\text{пост}}}{\text{Ц}_{1\text{ГП}} - U_{\text{пер}1\text{ГП}}}$$

$$Q_{\text{кр}} = \frac{77013}{16,86 - 14,074} = 27642,85 \text{ тонн}$$

где $Q_{\text{кр}}$ – критический объем продаж, т.; $U_{\text{пост}}$ – постоянные затраты на весь объем, т. руб.; $\text{Ц}_{1\text{ГП}}$ – цена единицы готовой продукции (1 тонны); $U_{\text{пер}1\text{ГП}}$ – удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 тонну).

2. Графическим способом:

Графически точка безубыточности определяется согласно рисунку.

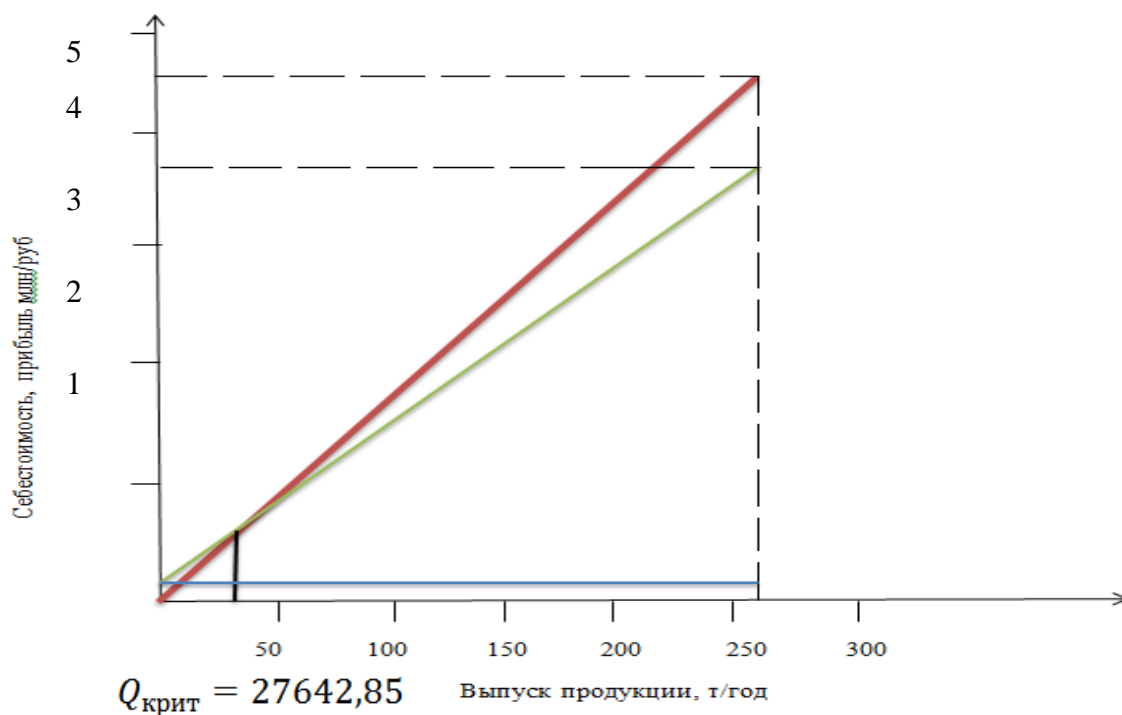


Рисунок 3 – График безубыточности

Определение технико-экономических показателей

Таблица 24 – Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Проектный год
1. Объем производства	т	267000
2. Объем продаж	т	267000
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	16,86
4. Выручка от продажи (2*3)	тыс. руб.	4501620
5. Суммарные издержки	тыс. руб.	3835038
5.1.Издержки переменные	тыс. руб.	3758025
5.2.Издержки постоянные	тыс. руб.	77013
6. Операционная прибыль (4–5)	тыс. руб.	666582
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	133316,4
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс. руб.	533265,6
9. Себестоимость 1 тонны	тыс. руб.	14,66
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	628815,2
11. Численность основных рабочих	чел.	99
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел.	6351,7
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	7,160
14. Фондоемкость (10/4)	руб./руб.	0,140
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел.	45470,9

16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	14
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	12
18. Критический объем продаж ($Q_{кр.}$)	т	27642,85
19. Критический объем продаж ($Q_{кр.}$)	тыс. руб.	466058,57